

# Efecto de las fracciones soluble e insoluble de la fibra de la pulpa de manzana sobre la digestibilidad ileal y fecal en conejos

*Effect of soluble and insoluble fibre fractions of apple pulp on ileal and faecal digestibility in rabbits*

**Abad-Guamán R., Delgado R., Carabaño R., García J.\***

Dpto. de Producción Animal, E.T.S.I. Agrónomos, Ciudad Universitaria, 28040 Madrid.

\*Dirección de contacto: javier.garcia@upm.es

## Resumen

El objetivo del presente trabajo fue estudiar el efecto de la fibra soluble e insoluble de pulpa de manzana sobre la digestibilidad ileal y fecal en conejos. Se formularon cuatro piensos con niveles similares de fibra insoluble (FND 32,4 %) y proteína (18,6 %, ambos sobre MS). El nivel de fibra soluble fue bajo en el pienso control (4,6 %, su fibra procedió de cascarilla de avena y paja) y aumentó en los piensos con pulpa de manzana depectinizada (7,1 %), pulpa de manzana (9,3 %) y pectinas de manzana (10,5 %). Se determinó la digestibilidad fecal en 23 gazapos/pienso entre los 55 y los 59 d de edad, y se sacrificaron 23 gazapos/pienso a los 60 d de edad para recoger la digesta ileal y determinar la digestibilidad ileal. La inclusión de fibra soluble de manzana estimuló el flujo de mucinas a nivel ileal ( $P = 0,002$ ) pero no a nivel fecal. La corrección por mucinas aumentó la digestibilidad de la proteína, la fibra dietética total y la fibra soluble a nivel fecal y especialmente a nivel ileal, dependiendo esta última del tipo de pienso. Aproximadamente la mitad de la fibra soluble de los piensos con alguna fracción de fibra de manzana se degradó a nivel ileal, sin detectarse diferencias entre los mismos a nivel ileal o fecal (46 y 86 % de media a nivel ileal y fecal, respectivamente). La inclusión de fibra insoluble de manzana mejoró la digestibilidad fecal de la FND ( $P < 0,05$ ) pero no la ileal.

**Palabras clave:** conejo, digestibilidad, fibra insoluble y soluble, mucinas, pulpa de manzana.

## Abstract

The aim of this work was to investigate the effect of soluble and insoluble fibre of apple pulp on fibre digestibility in rabbits. Four diets were formulated with similar level of insoluble fibre (NDF 32.4 %) and protein (18.6 %, both on DM basis). Control diet contained the lowest level of soluble fibre (4.6 % SF. Including oat hulls and straw as sole sources of fibre). A second diet was obtained by substituting 6 % of starch of control diet by apple pectins (10.5 % SF). Two more diets were obtained by substituting part of the fibrous sources of the control diet by either apple pulp or depectinized apple pulp (9.3 and 7.1 % SF, respectively). Faecal digestibility was determined in 23 rabbits/diet from 55 to 59 d of age, and 23 rabbits/diet were slaughtered at 60 d of age to collect ileal digesta to determine ileal digestibility. Soluble fiber from apple stimulated ileal flow of mucins ( $P = 0.002$ ), but not at faecal level. The correction for mucins increased the digestibility of crude protein, total dietary fibre, and soluble fibre at faecal, but especially at ileal level, depending in this case on the diet. Around half of the soluble fibre in diets containing any fibre fraction from apple was degraded at ileal level, with no differences among these diets (46 and 86 % on average at ileal and faecal level, respectively). Inclusion of apple insoluble fibre improved NDF digestibility at faecal ( $P < 0.05$ ) but not at ileal level.

**Keywords:** apple pulp, digestibility, insoluble and soluble fibre, mucins, rabbit.

## Introducción

El incremento de fibra soluble/fermentable en los piensos, habitualmente mediante la inclusión de pulpa de remolacha (Trocino et al., 2013), permite reducir la mortalidad asociada a la enteropatía epizootica en conejos pos-destete sin antibióticos. La fibra soluble/fermentable promueve cambios positivos en la microbiota y barrera intestinal (producción de

mucinas, morfología y funcionalidad de la mucosa, sistema inmune. Gómez-Conde et al., 2007 y 2009; El Abed et al., 2011b; Martínez-Vallespin et al., 2011) que podrían explicar la reducción de la mortalidad. Además, la fermentación/solubilización de fibra soluble e insoluble a nivel ileal (Abad-Guamán et al., 2015) podría estar detrás de alguno de estos efectos. Existen otras alternativas para incrementar el contenido en fibra soluble del pienso como es la pulpa de manzana. En comparación con la pulpa de remolacha posee un menor contenido en fibra soluble (Tabla 1 y Abad et al., 2013) y una fibra insoluble más lignificada. El objetivo de este trabajo fue estudiar el efecto de la fibra soluble e insoluble de la pulpa de manzana sobre la digestibilidad ileal y fecal de la fibra.

## Materiales y métodos

Se formularon cuatro piensos experimentales con niveles similares de proteína (18,6 %) y fibra insoluble (32,4 % FND, ambos sobre MS). Para separar los efectos de las fracciones de la fibra soluble e insoluble de la pulpa de manzana se formuló un pienso control con el menor nivel de fibra soluble (4,6 %) e ingredientes que aportaron mayoritariamente fibra insoluble (cascarilla de avena, paja y lignocelulosa. Tabla 1).

**Tabla 1. Composición de los piensos experimentales.**

	Control	Pectinas manzana	Pulpa de manzana depectinizada	Pulpa de manzana
<b>Ingredientes, % en fresco</b>				
Cascarilla de avena	18,0	18,0	11,1	11,1
Paja de cereal	18,0	18,0	11,1	11,1
Lignocelulosa	5,0	5,0	3,1	3,1
Almidón de trigo	34,1	28,1	26,8	20,8
Pectinas de manzana	—	6,0	—	—
Pulpa depectinizada de manzana	—	—	24,0	—
Pulpa de manzana	—	—	—	30,0
Caseína	17,6	17,6	16,6	16,6
Otros <sup>1</sup>	7,3	7,3	7,3	7,3
<b>Composición analizada, % MS</b>				
Cenizas	4,83	5,00	5,83	4,60
Proteína bruta	18,4	18,5	18,5	18,9
Fibra dietética total (FDT)	36,9	42,6	39,8	42,0
Fibra neutro detergente (FND)	32,0	32,1	32,7	32,7
Fibra soluble (FDT-FND)	4,9	10,5	7,1	9,3

<sup>1</sup>Otros en 3,70 % de aceite de soja; 0,5 % de alfalfa marcada con YB; 0,5 % de cloruro sódico; 1 % de carbonato cálcico; 1 % de fosfato bicálcico; 0,1 % de DL-Metionina; y 0,5 % de corrector vitamínico mineral. FDT y FND corregidos por cenizas y proteína.

Se obtuvo un segundo pienso sustituyendo un 6 % del almidón de trigo del pienso control por pectinas de manzana (Clasific AU 202. Herbstreith & Fox) que tuvo un 10,3 % de fibra soluble. Los otros dos piensos se obtuvieron sustituyendo un 38 % de los ingredientes fibrosos y parte del almidón y la caseína del pienso control por pulpa de manzana depectinizada y pulpa de manzana (7,1 y 9,3 % fibra soluble, respectivamente). La composición de los ingredientes procedentes de la manzana se muestran en la Tabla 2. Noventa y dos conejos de ambos sexos, de 49 días de edad, y un peso vivo de 1,68 ± 0,23 kg fueron asignados a los cuatro piensos experimentales (23 animales pienso). Los animales fueron alojados en jaulas metabólicas individualmente 4 d consecutivos y el pienso ofrecido a voluntad. Después de 6 d de adaptación, se recogieron las heces duras y se controló el consumo durante 4 días consecutivos para determinar la digestibilidad fecal (23 gazapos pienso). A los 60 d de edad los animales fueron sacrificados entre las 19:00 y las 21:00 h para recolectar el contenido ileal.

Las metodologías de la AOAC (2000) fueron usadas para determinar la MS (934.1), PB (968.06) y FDT (985.29). La FND fue determinada usando el sistema de bolsas ANKOM® de acuerdo al método de Mertens (2002) y expresado libre de cenizas y proteína. La fibra soluble fue calculada como la diferencia entre fibra dietética total y FND. Las mucinas fueron analizadas de acuerdo al procedimiento de precipitación con etanol y purificadas usando pectinasa (Sigma P2401) propuesto por Abad et al. (2013). Los resultados obtenidos en este estudio fueron analizados con un análisis de varianza considerando al pienso como el efecto principal. Cuando se analizó el efecto de corregir por mucinas la digestibilidad de la proteína, la fibra dietética total y la fibra soluble se utilizó un modelo mixto de medidas repetidas considerando como efecto fijo el pienso y la corrección por mucinas y como efecto aleatorio al animal. Las medias se compararon utilizando un t-test protegido.

**Tabla 2. Composición de la pulpa de manzana y sus fracciones (% de MS).**

	Pectinas de manzana	Pulpa depectinizada de manzana	Pulpa de manzana
Cenizas	6,15	7,39	1,58
Proteína bruta	1,80	8,56	5,60
Extracto etéreo	0,00	4,59	3,82
Fibra dietética total (FDT) <sup>1</sup>	92,6	58,5	60,2
Fibra neutro detergente (FND) <sup>1</sup>	0,55	52,1	40,7
Fibra ácido detergente (FAD)	0,41	40,7	28,7
Fibra soluble (FDT-FND)	92,1	6,38	19,4

<sup>1</sup>FDT y FND corregidos por cenizas y proteína. FAD corregida por cenizas.

## Resultados y discusión

El flujo de mucinas (Tabla 3) a nivel ileal fue un 28 % mayor en los piensos con pectinas y pulpa de manzana respecto a los piensos control y pulpa depectinizada (4,66 vs. 3,62 g/día de media.  $P < 0,05$ ). Lo que indica que la fracción soluble de la pulpa de manzana estimuló el flujo de mucinas a nivel ileal, resultado similar al descrito por Abad-Guamán et al. (2015). A nivel fecal no se detectó este efecto, debido a la degradación de las mucinas a nivel cecal (91 % de media).

**Tabla 3. Efecto de pulpa de manzana y sus fracciones de fibra sobre el flujo ileal y fecal de mucinas intestinales.**

	Control	Pectinas de manzana	Pulpa de manzana depectinizada	Pulpa de manzana	EEM <sup>1</sup>	P valor
<b>Mucinas ileales</b>						
g MS/kg contenido ileal	52,4	67,3	56,4	67,6	—	—
g MS/día	3,59 <sup>b</sup>	4,65 <sup>a</sup>	3,65 <sup>b</sup>	4,66 <sup>a</sup>	0,221	0,002
g/kg de consumo de MS	27,1 <sup>b</sup>	34,6 <sup>a</sup>	27,4 <sup>b</sup>	34,5 <sup>a</sup>	1,62	0,002
PB, g/kg de mucinas	286	295	295	275	—	—
<b>Mucinas fecales</b>						
g MS/kg contenido ileal	9,02	8,76	9,69	8,09	1,08	0,78
g MS/día	0,353	0,386	0,381	0,350	0,044	0,89
g/kg de consumo de MS	3,50	3,41	3,24	2,89	0,394	0,71
PB, g/kg de mucinas	265	257	263	265	—	—
<b>Degradación cecal, %</b>	90,2	91,7	89,6	92,5	—	—

<sup>1</sup>Error estándar de la media, n=9 réplicas (mezcla de la digesta ileal de 2-3 gazapos) /pienso y n=11/pienso para muestras de heces.

**Tabla 4. Efecto de pulpa de manzana, sus fracciones de fibra, y la corrección de mucinas en la digestibilidad ileal y fecal (%).**

	MS	PB		Fibra dietética total		FND	Fibra soluble	
Corrección por mucinas		No	Sí	No	Sí		No	Sí
<b><i>Digestibilidad ileal</i></b>								
Piensos experimentales								
Control	48,4	67,8	72,0	0,89 <sup>b</sup>	4,92 <sup>b</sup>	4,67	-24,0 <sup>b</sup>	6,56 <sup>b</sup>
Pectinas manzana	48,6	65,7	71,3	12,7 <sup>ab</sup>	17,1 <sup>ab</sup>	6,67	31,2 <sup>a</sup>	49,2 <sup>a</sup>
Pulpa depectinizada	51,4	65,0	69,2	17,5 <sup>a</sup>	21,3 <sup>a</sup>	16,4	22,6 <sup>a</sup>	43,6 <sup>a</sup>
Pulpa de manzana	48,9	63,5	68,5	15,8 <sup>a</sup>	20,4 <sup>a</sup>	13,5	23,7 <sup>a</sup>	44,5 <sup>a</sup>
Promedio	49,3	65,5	70,3	11,7	15,9	10,3	13,4	35,9
EEM <sup>1</sup>								
Pienso	2,77	3,54	4,84	4,95	4,62			
Corrección mucinas	—	0,094	0,083	—	0,501			
Pienso _ Corrección	—	3,54	6,84	—	4,67			
<i>P-valor</i>								
Pienso	0,89	0,88	0,097	0,36	<0,001			
Corrección mucinas	—	<0,001	<0,001	—	<0,001			
Pienso _ Corrección	—	0,002	0,070	—	<0,001			
<b><i>Digestibilidad fecal</i></b>								
Piensos experimentales								
Control	61,3 <sup>c</sup>	85,9	86,4	16,4 <sup>d</sup>	17,0 <sup>d</sup>	6,93 <sup>b</sup>	78,6 <sup>b</sup>	82,7
Pectinas manzana	61,0 <sup>c</sup>	85,8	86,3	25,9 <sup>c</sup>	26,4 <sup>c</sup>	6,86 <sup>b</sup>	84,3 <sup>a</sup>	86,2
Pulpa depectinizada	66,5 <sup>a</sup>	86,8	87,2	33,3 <sup>b</sup>	33,8 <sup>b</sup>	22,3 <sup>a</sup>	84,2 <sup>a</sup>	86,8
Pulpa de manzana	64,7 <sup>b</sup>	86,0	86,4	35,6 <sup>a</sup>	36,0 <sup>a</sup>	22,0 <sup>a</sup>	83,3 <sup>a</sup>	85,0
Promedio	63,4	86,1	86,6	27,8	28,3	14,5	82,6	85,2
EEM <sup>2</sup>								
Pienso	0,345	0,941	0,760	0,888	1,49			
Corrección mucinas	—	0,020	0,021	—	0,140			
Pienso _ Corrección	—	0,941	0,761	—	1,50			
<i>P-valor</i>								
Pienso	<0,001	0,90	<0,001	<0,001	0,105			
Corrección mucinas	—	<0,001	<0,001	—	<0,001			
Pienso _ Corrección	—	0,71	0,363	—	<0,001			

<sup>1</sup>n=9 réplicas (mezcla de la digesta de 2-3 gazapos)/pienso; <sup>2</sup> n= 11 gazapos/pienso, excepto para MS en donde n=23/pienso. EEM: Error estándar de la media.

La digestibilidad ileal y fecal de la proteína aumentó cuando se corrige por el contenido ileal o fecal de mucinas ( $P < 0,001$ ). A nivel ileal, este valor aumentó en mayor medida en los piensos con mayor nivel de fibra soluble (pectinas y pulpa de manzana) con respecto a los otros dos (5,3 y 4,2 unidades porcentuales de media.  $P = 0,002$ ). La corrección por mucinas incrementó la digestibilidad ileal y fecal de la fibra dietética total y la fibra soluble ( $P < 0,001$ ), siendo más importante este cambio en el caso del pienso control que en el resto de piensos (en el caso de la fibra soluble 30,6 vs. 19,9 ud. porcentuales a nivel ileal y 4,1 vs. 2,1 a nivel fecal).

No se observaron diferencias en la digestibilidad ileal de la FND, si bien a nivel fecal la fibra insoluble de la pulpa de manzana mostró una mayor digestibilidad en comparación con el pienso control y el de pectinas (22,1 vs. 6,9 %;  $P < 0,001$ ). Sin embargo, la pulpa de manzana parece mostrar una digestibilidad fecal de la FND ligeramente inferior a la pulpa de remolacha (El Abed et al., 2011a; Abad-Guamán, 2011). La fibra soluble del pienso de pectinas, pulpa depectinizada y pulpa de manzana se degradó de manera similar a nivel ileal y sus valores fueron muy superiores a del pienso control (45,8 vs 6,6 %, una vez corregidas por mucinas). A nivel fecal no se observaron diferencias en la digestibilidad de la fibra soluble una vez corregida por mucinas.

## Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado gracias a los proyectos AGL2008-00627 (CICYT y S2009/AGR-1704 de la Comunidad de Madrid. Agradecemos a Herbreit & Fox Corporate Group (Neuenbürg/Württ), PITE S.A. (Tordesillas), Grupo SOS Cuétara (Andújar) y Rettenmaier Ibérica S.L. (Barcelona) el suministro de los ingredientes, y a Nutreco PRRC la fabricación de los piensos experimentales. D. Rodrigo Abad ha realizado este trabajo becado por el SENESCYT (Ecuador).

## Bibliografía

- Abad-Guamán R. 2011. *Quantification and nutritional relevance of insoluble and soluble sugar beet pulp fibre in rabbits*. Tesis de Máster. Universidad de Zaragoza-IAMZ-FEDNA.
- Abad R., Ibáñez M.A., Carabaño R., García J. 2013. *Quantification of soluble fibre in feedstuffs for rabbits and evaluation of the interference between the determinations of soluble fibre and intestinal mucin*. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 182:61-70.
- Abad-Guamán R., Carabaño R., Gómez-Conde M.S., García J. 2015. *Effect of type of fiber, site of fermentation and method of analysis on digestibility of soluble and insoluble fiber in rabbits*. *J. Anim. Sci.* (En prensa. DOI: 10.2527/jas2014-8767)
- Association of Official Analytical Chemists International. 2000. *Official Methods of Analysis*, 17th ed. AOAC International, Washington, DC.
- El Abed N., Delgado R., Abad R., Romero C., Fernandez A., Villamide M.J., Menoyo D., García J., Carabaño R. 2011a. *Effect of sugar beet pulp fibre fractions on growth performance, fecal digestibility and digestive physiology in rabbits around weaning*. *Giornate di Coniglicultura ASIC, Forlì*, pp. 75-77.
- El Abed N., Delgado R., Abad R., Romero C., Villamide M., Menoyo D., Carabaño R., García J. 2011b. *Soluble and insoluble fibre from sugar beet pulp enhance intestinal mucosa morphology in young rabbits*, *En Proc.: 62nd Annual meeting of the European Federation of Animal Science, Book of abstracts*, p. 159.
- Gómez-Conde M.S., García J., Chamorro S., Eiras P., Rebollar P.G., de Rozas A.P., Badiola I., de Blas C., Carabaño R. 2007. *Neutral detergent-soluble fiber improves gut barrier function in twenty-five-day-old weaned rabbits*. *J. Anim. Sci.*, 85:3313-3321.
- Gómez-Conde M.S., Perez de Rozas A., Badiola I., Perez-Alba L., de Blas C., Carabaño R., García J. 2009. *Effect of neutral detergent soluble fibre on digestion, intestinal microbiota and performance in twenty five day old weaned rabbits*. *Livest. Sci.*, 125:192-198.
- Martinez-Vallespin B., Martinez-Paredes E., Rodenas L., Cervera C., Pascual J.J., Blas E. 2011. *Combined feeding of rabbit female and young: Partial replacement of starch with acid detergent fibre or/and neutral detergent soluble fibre at two protein levels*. *Livest. Sci.*, 141:155-165.
- Mertens D.R., Allen M., Carmany J., Clegg J., Davidowicz A., Drouches M., Frank K., Gambin D., Garkie M., Gildemeister B., Jeffress D., Jeon C.S., Jones D., Kaplan D., Kim G.N., Kobata S., Main D., Moua X., Paul B., Robertson J., Taysom D., Thiex N., Williams J., Wolf M. 2002. *Gravimetric determination of amylase-treated neutral detergent fiber in feds with refluxing in beakers or crucibles: collaborative study*. *J. AOAC Int.*, 85:1217-1240.
- Trocino A., García J., Carabaño R., Xiccato G. 2013. *A meta-analysis on the role of soluble fibre in diets for growing rabbits*. *World Rabbit Sci.*, 21:1-15.